COURSE DESCRIPTION

1. GENERAL INFORMATION

SCHOOL	CIVIL ENGINEERING		
DEPARTMENT			
EDUCATION LEVEL	Undergraduate		
COURSE CODE	1046	**SEMESTER**	9
COURSE TITLE	STOCHASTIC METHODS		

COURSE UNITS *σε περίπτωση που οι διδακτικές απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι διδακτικές απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των διδακτικών μονάδων / ECTS*	**HOURS**	**ECTS CREDITS**
Lectures and Assignments	3	5

COURSE TYPE: *Γενικού Υποβάθρου, Ειδικού Υπόβαθρου, Ειδικότητας*	Elective
PREREQUISITE KNOWLEDGE:	
COURSE AND EXAMS LANGUAGE:	Greek
COURSE OFFERED TO ERASMUS STUDENTS:	
COURSE WEBSITE (URL):	https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=1544

2. LEARNING OBJECTIVES

Learning Objectives

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.
Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- *Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης*
- *Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και Παράρτημα Β*
- *Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων*

Knowledge:

The course provides the knowledge required for modeling uncertainties in engineering problems through stochastic simulations. It explores the concept of Monte Carlo simulation in depth, presents the mathematical background for series representations of stochastic processes and it describes the methodologies for uncertainty quantification, as well as reliability analysis in construction and civil engineering systems. Throughout the course, the significant role of data in modern engineering science is highlighted.

Skills:

Upon successful completion of the course, the student will be able to:

• Identify the sources of uncertainty, inherent in complex engineering systems.

• Understand the capabilities of the Monte Carlo simulation method for stochastic as well as deterministic numerical problems.

• Understand and employ stochastic calculus tools, stochastic simulation methods, as well as stochastic models for the description of relevant physical phenomena.

• Understand the concept of persistence and its significant impact on increasing uncertainty.

• Formulate and solve engineering problems in the presence of uncertain parameters.

• Delve deeper on the influence of uncertainties in the process of analysis and design of structures.

General abilities

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα;.

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών
Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις Λήψη αποφάσεων
Αυτόνομη εργασία Ομαδική εργασία
Εργασία σε διεθνές περιβάλλον
Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον
Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών
Σχεδιασμός και διαχείριση έργων
Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον
Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου
Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής
Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

Independent work, multi-level understanding, analytical and synthetic approach.
Good preparation for creative teamwork.

3. COURSE DESCRIPTION

1. **Struct. Eng.**: Introduction to the concept of stochastic process, main classes of processes, mondelling of uncertainties in engineering processes, series expansions, Monte Carlo simulation, uncertainty quantification, reliability analysis and design of civil engineering systems, the role of big data in engineering.
   Hydr. Eng.: Basic principles, the role of uncertainty in engineering problems, problem types, Introduction to Probability theory.
2. **Struct. Eng.**: Classes of stochastic processes, Stationary/Non-stationary processes, Gaussian/Non-Gaussian process, ergodicity, Autocorrelation, Power Spectrum, Examples.
   Hydr. Eng: The concept of simulation, types and uses of stochastic simulation, simulation models, random numbers. Applications of simulation in statistical induction problems, Monte Carlo integration and Stochastic Optimization.
3. **Struct. Eng.**: Series expansions of stochastic problems, Karhunen-Loeve expansion, Spectral Representation method, Polynomial Chaos, Generation of artificial ground motions, Application to the solution of stochastic differential equations.
   Hydr. Eng: Random variables, statistical parameters, statistical estimation, probability distributions and distribution fitting. The concept of entropy and its maximation. Applications of statistical analysis in hydrological time-series.
4. **Struct. Eng.**: Monte Carlo simulation, the law of large numbers, random number generator, Central limit theorem, Importance Sampling, Convergence analysis, Applications in engineering, Structural reliability analysis.
   Hydr. Eng: Sotchastic processes and time-series. Stationarity and Ergodicity. Autocorrelation, Cross-correlation, climacogram. Continuous-time and discrete-time processes. Sampling and time-series. White-noise. Applications in stochastic analysis of hydrological time-series.
5. **Struct. Eng**: Big Data in engineering problems data-driven models. Data extraction methods, data analysis, statistical processing of data.
   Hydr. Eng: The Fourier transformation and its applications to the solution of integral equations. Convolution. Fourier transformation of the autocovariance function and the power-spectrum. Power-spectrum extraction from time-series. Computational issues related to the power-spectrum.
6. **Struct. Eng**: Machine learning for big data, Dimensionality reduction techniques and applications in engineering problems.
   Hydr. Eng: Discrete-time models. The AR(1), AR(2), ARMA(1,1) models and their generalizations. The general simulation method based on the SMA algorithm. Fitting of stochastic models on historical time-series data and generation of synthetic time-series.
7. **Struct. Eng**: Surrogate modelling techniques for parametric problems, applications of stochastic methods and machine learning algorithms for the development of surrogate models. Techniques to accelerate the Monte Carlo method, Applications in structural reliability problems.
   Hydr. Eng: Empirical justification of the existence of long-term persistence. Theoretical justification based on the maximum entropy principle. The Hurst-Kolmogorov process and methods for its simulation. Analysis of the effect of long-term persistence on the availability of water resources and on the design of projects utilizing them.
8. **Struct. Eng**: Bayesian Updating methods, Updating computational models using experimental data, Sampling algorithms, Markov chains and Markov Chain Monte Carlo Methods, the Metropolis-Hastings algorithm. Applications in structural analysis.

Hydr. Eng: Introduction to cyclo-stationary models. The PAR και PARSMA models. Application on the design of reservoirs and the stochastic reliability analysis. A reminder on linear algebra. Random vectors and covariance matrix. The multivariate cyclostationary PAR model.

4. TEACHING METHODS – STUDENT ASSESSMENT

TEACHING METHODS: *Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.*	The lesson is delivered face-to-face, using both slides and blackboard	
TEACHING MEDIA: *Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές*	Use of Technology Educational Platforms in Teaching and Communication with students (course schedule, any notes, posting-submission of assignments, announcements)	
COURSE ARRANGEMENT: *Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.*	***ACTIVITY***	***IMPORTANCE***
Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη & ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ. *Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης ώστε ο συνολικός φόρτος εργασίας σε επίπεδο εξαμήνου να αντιστοιχεί στα standards του ECTS*	Attendance + active participation in the course Exams preparation	13x3=39
	-Study -Homework assignments	80
	Final Exam preparation	30
	OVERALL:	**180**
STUDENT ASSESSMENT: *Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης* *Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες* *Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.*	**Student assessment is performed on the basis of** 1. A final written exam weighting 50% on the final grade 2. Problem sheets weighting 50% on the final grade The assessment criteria are described on the course webpage. The final exam comprises problem solving questions and short answer questions with the objective of assessing the student critical skills.	

5. TEXTBOOKS – BIBLIOGRAPHY

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία :
-Συναφή επιστημονικά περιοδικά:

1. Stochastics of Hydroclimatic Extremes - A Cool Look at Risk, D. Koutsoyiannis, Edition 3, ISBN: 978-618-85370-0-2, 391 pages, doi:10.57713/kallipos-1, Kallipos Open Academic Editions, Athens, 2023.
2. Stochastic Finite Elements – An Introduction, Papadopoulos V. and Giovanis D.G., Springer, 2018